

Den bäcknära zonen vid små skogliga vattendrag i Värmland – Generell beskrivning, förekomst av traktorspår samt kvicksilverhalter i körpåverkat ytvatten



Emma Gille

Handledare:

Gunnar Wiklander, SLU

Bo-Erland Johansson, Skogsvårdsstyrelsen Värmland/Örebro

Examensarbete vid institutionen för skoglig marklära, SLU

Uppsala, 2002

Nr 7

Den bäcknära zonen vid små skogliga vattendrag i Värmland – Generell beskrivning, förekomst av traktorspår samt kvicksilverhalter i körpåverkat ytvatten

The riparian zone along small forest streams in the county of Värmland – General description, machine track frequency, and mercury concentrations in machine track affected surface waters

Emma Gille

FÖRORD

Detta examensarbete har utförts vid institutionen för skoglig marklära vid Sveriges Lantbruksuniversitet. Arbetet omfattar 20 poäng på D-nivå i huvudämnet markvetenskap inom naturresursprogrammet.

Idag saknas regionala beskrivningar av de allra minsta skogsbäckarna inkl deras bäcknära zoner. I skogslandskapet kan man dessutom på sina håll se kraftiga körsador på bäckar och deras närområden.

En allmän beskrivning av den lilla skogsbäcken inkl omgivning i Värmland, omfattning av traktorspår i dessa miljöer samt konsekvenser av sådana spår ges i två examensarbeten. Föreliggande arbete behandlar den bäcknära zonen och kvicksilverhalter i körpåverkat ytvatten, medan det andra examensarbetet (av Åsa Bergkvist) behandlar bäcken och dess bottenfauna.

Värd för båda examensarbetena har varit Skogsvårdsstyrelsen i Värmland/Örebro, där man har bistått med material från inventeringsprojektet Skog och Vatten.

Uppsala i augusti 2002

Gunnar Wiklander
Handledare

Omslagsbild: Björn Ehrenroth/N
Övriga foton: Författaren

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord	3
Innehållsförteckning	5
Inledning	7
Bäcknära zonens egenskaper, funktion och känslighet för störning	7
<i>Bäcknära zonens ekologi och kemi</i>	7
<i>Konsekvenser av avverkning i den bäcknära zonen</i>	9
Hydrologi	9
Hydrokemi	9
Energi flöde	9
<i>Effekter av skogsterrängkörning i den bäcknära zonen</i>	9
Vad säger lagen om skogsterrängkörning	10
Syfte	10
Material & metoder	11
Beskrivning av den bäcknära zonen och förekomst av traktorspår	11
Kviksilverbestämning i ytvatten påverkade av traktorspår	12
<i>Undersökningsområden</i>	12
1. Blåbärskullen	13
2. Brokerud	13
3. Åstenäs	13
<i>Vattenprovtagning</i>	14
<i>Vattenanalyser</i>	14
Resultat	14
Skog och vatten inventeringsprojektet	14
<i>Allmän bild av den bäcknära zonen i Värmland</i>	14
<i>Förekomst av traktorspår i den bäcknära zonen i Värmland</i>	16
Vattenkemiska analyser	18
<i>Kviksilver</i>	18
1. Blåbärskullen	18
2. Brokerud	18
3. Åstenäs	18
<i>Allmän vattenkemisk status</i>	19
Diskussion	20
Slutord	22
Tack	22
Referenser	22
Bilaga 1: definitioner skog & vatten	23
Bilaga 2: Fältblankett för skog & vatten	24

SAMMANFATTNING. Skogliga vattendrag och bäcknära zoner är känsliga för störningar och förändringar i avrinningsområdet. Särskilt känsliga är de mindre vattendragen av låg rang (källflöden), vilka även har en stor påverkan på nedströms liggande vattendrag. Störningar som sker i den bäcknära zonen reflekteras i vattendraget. Terrängkörning med skogsmaskiner i den bäcknära zonen kan ge effekter på marken och de närliggande vattendragen. Terrängkörning leder bland annat till förändringar i mineraljorden såsom minskning i porositet, minskad infiltrationshastighet och en ökad bulkdensitet. I den bäcknära zonen kan terrängkörning förutom att ge effekter på marken även resultera i stora konsekvenser för det biologiska livet i bäcken. Spår som slutar i vattendrag kan bidra till att stora mängder organiskt och oorganiskt material transporteras ut till vattendraget. Detta material kan i sin tur slamma igen grus- och stenbottnar, vilket får konsekvenser för bottenfauna och för fiskens lekplatser.

Syftet med examensarbetet var att få en allmän karakteristik av den bäcknära zonen längs små skogliga vattendrag av låg rang i Värmland samt att fastställa förekomst av traktorspår i denna zon. Vidare var syftet att fastställa metylkvicksilver- och totalkvicksilverhalter i ytvatten som påverkats av terrängkörning i bäcknära zonen. För att fastställa de bäcknära zonernas utseende och traktorspårens förekomst bearbetades data från inventeringsprojektet Skog och Vatten. Detta projekt startades 1997 vid Skogsvårdsstyrelsen Värmland/Örebro. Skog och vattenprojektet gick ut på att beskriva hur dagens kantzoner längs med bäckar såg ut, beskriva dess historik samt att dokumentera de biologiska kvalitéer som vattendragen visade.

Generellt sett kan den mest förekommande bäcknära zonen längs skogliga vattendrag av rang 1 i Värmland sammanfattas som en frisk, produktiv mark med enskiktad barrskog och en vegetationsklass av gräs-örttyp. Död ved var inte vanligt förekommande. Traktorspår fanns i cirka 12 % av alla avdelningar (delsträckor), varav ungefär hälften av dessa traktorspår ledde i/till en bäck. Andelen avdelningar med traktorspår i den bäcknära zonen fördelade sig jämt i markfuktighetsklasserna, med undantag för den blöta klassen där traktorspår var mindre förekommande. Av alla traktorspår i den bäcknära zonen (0-10 m) på produktiv skogsmark återfanns 71 % på mark där någon form av skogsbruksåtgärd utförts. I körpåverkat ytvatten uppmättes halter av totalkvicksilver och metylkvicksilver mellan 7,2 och 13 ng/l respektive 0,07 och 4,8 ng/l. Metylkvicksilvret utgjorde mellan 0,54 % och 66 % av det totala kvicksilvret. Halterna indikerar att terrängkörning kan frigöra och transportera markbundet kvicksilver.

Nyckelord: bäcknära zon, kantzon, metylkvicksilver, körskador, skogsbruk, Värmland, ytvatten

SUMMARY. Forest streams and the associated riparian zones are sensitive to disturbances and changes that occur within these riparian areas. Particularly sensitive are small streams of low order, which will have large impacts downstream. The disturbances that occur in the riparian zones are reflected quickly in the stream. Driving with forestry machines in the riparian zone will have detrimental effects to the soil and water. Driving the machines will lead to changes in the mineral soil composition, resulting in the reduction of porosity, less infiltration, compaction, and an increased bulk density. Driving can also increase consequences for the biological life in the stream. Machine tracks that enter the stream can increase the amounts of organic and inorganic material transported to the stream.

The aim of this thesis was to collect the general characteristics of the riparian zones along small forest streams of first order in Värmland and to determine the frequency of machines entering these zones. Furthermore, the aim was to determine concentrations of methylmercury and total mercury in the surface water, which has been affected by machine tracks. To determine the characteristics of the riparian zones and the frequency of machine traffic, data from the project called "Skog & Vatten" was used. The "Skog & Vatten" project began in 1997 at Skogsvårdsstyrelsen Värmland/Örebro. The purpose of the project was to describe the riparian zones, their history, and document the biological qualities of the streams.

Generally the most common riparian zone along streams of first order in Värmland can be summarized as having a fresh soil moisture class and productive soil with uniseriate coniferous forests and a grass-herb type vegetation class. Dead wood was not common occurring in the study area. Machine tracks were found in 12 % of all the compartments and half of these lead to a stream. The machine tracks were evenly distributed in the different soil moisture classes, with an exception for the wet soil moisture class. Of all of the riparian zones (0-10m) on productive soils that contained machine tracks, 71 % of the tracks were related to some kind of forestry. Concentrations of total mercury and methylmercury between 7,2 and 13 ng/l respectively, 0,07 and 4,8 ng/l were measured in machine tracks that affected surface water. The total mercury consisted between 0,54 and 66 % of methyl mercury. The results indicate that terrain driving can release and transport mercury.

Keywords: riparian zone, methylmercury, track impacts, forestry, county of Värmland, surface water

INLEDNING

Vatten är en förutsättning för allt liv på jorden. Mänskian har på olika sätt alltid använt sig av vatten och på så sätt har vi direkt och indirekt påverkat det. Förurning och övergödning är exempel på hur mänskian negativt har påverkat och påverkar våra vattendrag.

För att bevara och skydda våra vattendrag och vattenresurser har EU satt upp ramdirektiv för vatten (Europeiska kommissionen, 2002). I dessa direktiv har mål uppställts och det är tänkt att avrinningsområden ska användas som grund för planering istället för att exempelvis planera efter län eller kommun. Skogspolitiken i Sverige har även den förändrats. År 1993 beslutade riksdagen om två jämställda mål som skulle gälla i skogsbruket; ett miljömål och ett produktionsmål. Genom ansvarsfullt brukande av skogen, god planering och en helhetssyn ska bägge målen kunna uppnås. I och med miljömålet måste hänsyn tas till vattnet i dagens skogsbruk (Skogsstyrelsen, 2001). Förutom skogsvårdslagen finns det även femton miljö kvalitetsmål som riksdagen har beslutat om. Dessa beskriver översiktligt tillståndet i miljön för ett samhälle som från ekologisk synpunkt kan bedömas ha en hållbar utveckling. Övergripande syfte är att dessa mål ska kunna nås inom en generation och att vi skall kunna lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta eller minimerade. För skogsbruket är ett flertal av dessa miljö kvalitetsmål aktuella: "Levande sjöar och vattendrag", "Levande skogar", "Endast naturlig förurning" samt "Grundvatten av god kvalitet" (Naturvårdsverket, 2002). I miljömålet "Levande sjöar och vattendrag" skrivs bland annat att "belastningen av näringsämnen och föroreningar inte får minska förutsättningarna för den biologiska mångfalden" (Naturvårdsverket, 1999).

Vattendragen i skogslandskapet har en mängd olika funktioner. De är exempelvis viktiga som livsmiljöer för växter och djur samt som spridningskorridorer. Vattendragen skapar också bäcknära zoner, vilka är de zoner närmast vattendraget som påverkar vattnet och påverkas av vattendraget. Dessa zoner har ofta en stor artrikedom. Skogliga vattendrag och dess bäcknära zon är känsliga för störningar och förändringar i dess avrinningsområde. Särskilt känsliga är de mindre vattendragen av låg rang (bilaga 1), vilka även har en stor påverkan på nedströms liggande vattendrag. Störningar som sker i den bäcknära zonen reflekteras snabbt i vattendraget. Skogliga åtgärder som görs i vattendragets närhet kan ge negativa effekter på det genom att exempelvis förändra ljus- och temperaturförhållanden, försämra vattenkvaliteten och att förändra vattendragets struktur. Körning i den bäcknära zonen har blivit ett allt mer uppmärksammat problem i dagens skogsbruk. Det finns en risk att ämnen som fastlagts i den bäcknära zonen börjar läcka ut i vattnet vid körning i denna zon. Kvicksilver

skulle kunna vara ett av dessa ämnen. I Sverige har det under tidigare år deponerats kvicksilver via atmosfären från industrier (Naturvårdsverket, 1991). Kvicksilvret har därefter bundits till det organiska materialet i marken vilket lett till en förhöjd pool av kvicksilver i marken. Metylkvicksilver är en löslig form av kvicksilver och är därmed lätttröglig. Metylkvicksilver är giftigt och kan lagras i fettvävnad hos exempelvis fisk (Sylvia m fl, 1999). Skulle avverkning och körning i den bäcknära zonen leda till att metylokvicksilver läcker ut i vattendragen vore detta ett stort problem då höga halter av kvicksilver i sjöar och vattendrag fortfarande är ett av vårt lands stora miljöproblem. År 1991 hade fisken i nästan hälften av Sveriges sjöar (50 000) högre halt av kvicksilver än den av FN rekommenderade högsta halt på 0,5 mg/kg (Naturvårdsverket, 1991).

Bäcknära zonens egenskaper, funktion och känslighet för störning

Bäcknära zonens ekologi och kemi

Den bäcknära zonen kan beskrivas som den zon som påverkar vattnet och som också påverkas av vattnet. Den bäcknära zonen påverkar vattnet genom grundvattenutströmning, beskuggning och nedfallande organiskt material. Zonen påverkas av vattnet genom översvämningar (Bergquist, 1999). I många sammanhang, exempelvis i skogsvårdslagen, används begreppet skyddszon. Detta är en zon som lämnats eller skapats för att skydda vattenmiljön (Skogsstyrelsen, 2000). I examensarbetet kommer begreppet bäcknära zon att användas.

Strandmiljöer vid sjöar och bäckar är oftast de artrikaste miljöerna i landskapet och i många fall har dessa miljöer en nyckelroll för olika systems funktion. Exempelvis finns det i Sverige över 200 rödlistade växt- och djurarter som på något sätt är sammankopplade till vattendrag och dess närliggande miljöer. Dessa miljöer har dessutom en viktig funktion som spridningskorridorer för både växter och djur (Bergquist, 1999).

Den bäcknära zonen längs mindre vattendrag har en betydelsefull funktion för reglering av avrinning och bildandet av flödestoppar vid exempelvis snösmältning och kraftiga regn. Viktiga processer i samband med detta är bland annat expansionen av vattenfåran och markinfiltrationshastigheten. Även vegetationen i den bäcknära zonen har en viktig funktion i samband med avrinning och flödestoppar då den fungerar dämpande (Bergquist, 1999).

De mindre vattendragen i skogslandskapet är ofta omgivna av träd vilket ger en effektiv beskuggning av vattendraget och därmed begränsar solinstrålningen. I och med denna beskuggning kontrolleras vattendragets primärproduktion och dess vattentemperatur. Den kraftiga beskuggningen leder till att små vatten-

drag ofta har låg vattentemperatur och liten primärproduktion. Vegetationen bidrar även till att vatten dragen tillförs organiskt material från den bäcknära zonen genom exempelvis grenar, löv, barr och kvistar vilket används som energi av de vattenlevande organismerna. Vidare har vegetationen i den bäcknära zonen stor betydelse för att begränsa erosionen. Är vegetationen välutvecklad med både träd och buskar, d.v.s flerskiktad, kan erosionsrisken begränsas genom att vattenhastigheten på det genomströmmande vattenet reduceras samt genom att den stabiliserar strandkanten (Bergquist, 1999).

Sediment och näringsämnen som transporteras från avrinningsområdet mot vattendraget fångas ofta upp och omsätts i den bäcknära zonen. Lösta näringsämnen, exempelvis nitratkväve, transporteras till stor del av grundvattenflödet. Detta betyder att rotzonen är viktig för att förhindra utlakning av kväve till grundvattnet. En stor betydelse för närings- och sedimentbindningen är vattennivåfluktuationerna då upptaget av näringsämnen och sediment är som störst då den bäcknära zonen översvämmas av vatten (Bergquist, 1999). Vattennivån påverkar även markens oxidation- och reduktionsförhållanden vilket i sin tur har stor betydelse för kväveupptaget i marken. För att denitrifikationen ska kunna fungera krävs reducerande förhållanden, vilket innebär att nitratreduktionen är störst vid vattenmättade förhållanden (Sylvia m fl, 1999).

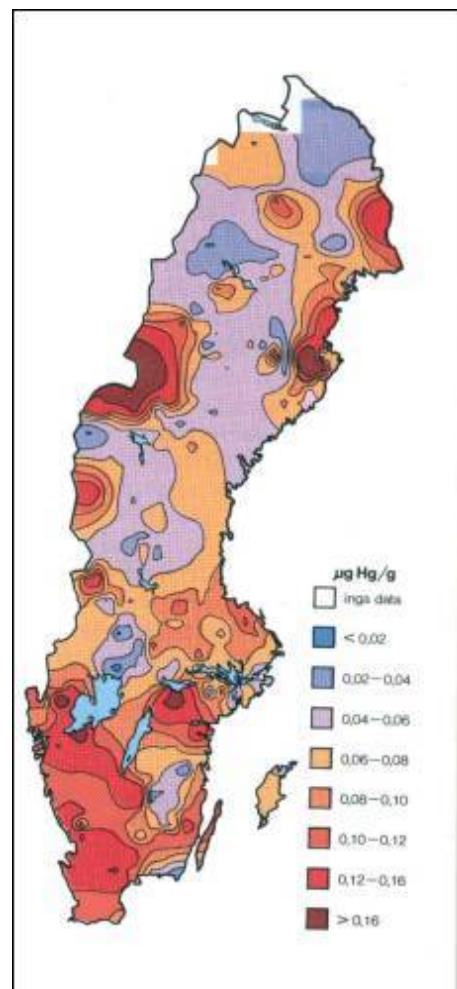
Den bäcknära zonen har även en stor betydelse för upptag och retention av metaller. Många metaller fastläggs till organiskt material. Ett exempel på en sådan metall är kvicksilver. Kvicksilver finns i ett flertal former. En av dem är metylkvicksilver vilken är mycket rörlig (Sylvia m fl, 1999).

Metylkvicksilver binder starkt till det organiska materialet i marken och den vertikala fördelningen av metylkvicksilver följer starkt fördelningen av organiskt material. Detsamma gäller för totalkvicksilver. Detta innebär att de största halterna av metyl- och totalkvicksilver återfinns i yt-horisonten, men det kan även finnas förhöjda halter i B-horisonten där humusämnen har fastlagts (Lindqvist m fl, 1991).

Kvoten mellan metylkvicksilver och totalkvicksilver varierar med jorddjupet. Denna variation tyder på att rörligheten för metylkvicksilver är större än för andra former av kvicksilver. Orsaken kan vara att andra former av kvicksilver binds starkare till organiskt material och är därav mer fixerat till marken än vad metylkvicksilver är. Förändringen i MeHg/Hg-tot förhållandet med jorddjupet kan också indikera en förlust av totalkvicksilver från horisonter längre ned eller en produktion av metylkvicksilver med djupet (Lee m fl, 1994).

Det mesta av det totala kvicksilvret och metylkvicksilvret som finns i marken har deponerats. Deponeringen var störst mellan 1940- och 60-talen i Sverige. De största källorna var klor-alkaliindustrin

och metallproduktionen. Totalt har 600-1200 ton släppts ut i Sverige fram till 1987 (Lindqvist m fl, 1991). Idag har reningsmetoderna blivit betydligt bättre vilket innebär att utsläppen numera är avsevärt lägre (Naturvårdsverket, 1991). Den största delen av det kvicksilver som deponeras i Sverige idag har troligen sin källa utomlands. Kvicksilver kan transporteras långa sträckor i atmosfären innan det faller till marken (Lindqvist, 1994). För att få en tydlig bild av depositionen över hela Sverige används karteringar av kvicksilverhalter i mossor (figur 1) (Naturvårdsverket, 1991). Genom mosskartering har det observerats att depositionen av kvicksilver minskar, åtminstone i södra och södra-mellersta Sverige. Depositionen har exempelvis minskat från 0,25 µg/g 1970 till 0,075 µg/g 1990 i södra Sverige (Rühling och Tyler 2000).



Figur 1: Kvicksilverhalten i mossprover tagna 1985. (Tyler 1991).

Allt metylkvicksilver som finns i marken behöver inte ha deponerats utan det kan även ha bildats i marken. För att metylering av kvicksilver ska ske krävs anaeroba förhållanden, vilket finns i våtmarker. Denna reaktion ökar lösligheten av kvicksilver, vilket resulterar i en ökad rörlighet i näringskedjan. Nya studier har visat att sulfatreduktion och sulfatreducerande bakterier bidrar till metyleringen av kvicksilver. Förutom syrefria miljöer krävs färskt organiskt material och tillgång av sulfat för att sulfatreduktion skall ske (Nilsson m fl, 2002). Metyleringsreaktionen sker via överföring av metylgrupper från metylcobalamin, eller metylerat vitamin B₁₂, till Hg²⁺.



Metylcobalamin bildas vid fermentation av sulfatreducerande bakterier, och metyleringen upphör när fermentationen upphör, trots att sulfatreduktionen kan fortsätta. Om marken syresätts kan metyleringen gå tillbaka och istället bilda Hg²⁺ (Sylvia m fl, 1999).

Konsekvenser av avverkning i den bäcknära zonen

Små skogliga vattendrag har en stark koppling till dess omgivande land och markanvändning. Mycket av det som sker i den bäcknära zonen reflekteras i bäcken. Vid avverkning av den viktiga bäcknära zonen kan en mängd konsekvenser uppkomma. Många av zonens ekologiska funktioner försämras eller försvinner helt. Det är främst tre områden som påverkas: hydrologi, hydrokemi och energiflöde.

Hydrologi

Efter avverkning uppkommer en höjd grundvattennivå och en ökad avrinning. Ökningen av avrinning beror bland annat av minskad transpiration från de ytor som blivit avverkade. En annan orsak är att snö ansamlas på de kalavverkade ytorna i en större mängd än i skogen. Den förhöjda avrinningen kan bestå, dock i avtagande omfattning, tills ny skog har vuxit upp. Detta innebär att det kan dröja 20 till 30 år innan avrinningen går tillbaka till det normala. Den höjda grundvattennivån kan förklaras med att det inte längre finns några träd som tar upp vattnet i marken (Bergquist, 1999). Den dämpande effekten av flödestoppar som en fungerande bäcknära zon har försvinner vid avverkning och istället fås en ökning av flödestopparna och dess storlek. Den förhöjda grundvattennivån efter avverkning kanske kan leda till att mer metylkvicksilver bildas som kan läcka ut i vattendragen.

Hydrokemi

En följd av de mer frekventa flödestopparna och frånvaro av bromsande vegetation är en förhöjd markerosion och förhöjd materialtransport. Detta leder till en ökad erosion både i själva vattenfåran och

i vattendragens strandområde. Även läckage av organiskt material, lösta näringsämnen (till exempel bas-kationer, kväve och fosfor) och vissa metaller ökar på grund av förändringar i markens temperatur- och fuktighetsförhållanden (Lundin, 1995). Dessa förändringar leder i sin tur till en ökad biologisk aktivitet i marken (Bergquist, 1999).

Energiflöde

Små skogsvattendrag är ofta omgivna av äldre skog vilket ger en kraftig beskuggning. Avverkning av den bäcknära skogen leder till ökad solinstrålning till bäcken och förhöjd vattentemperatur. Solinstrålningen kan öka 6-7 gånger och ge en förhöjning av vattentemperaturen med 6 grader på en sträcka av 1 km om vattenflödet är mindre än 1 m³/s (Bergquist, 1999). Förändringen i vattentemperatur berör i stort sett alla biologiska processer från mikrobiell aktivitet till produktion av bottendjur och fisk. Ökad solinstrålning leder också till ökad fotosyntes och ökad primärproduktion hos flertalet vattenväxter.

Effekter av skogsterrängkörning i den bäcknära zonen

I samband med avverkningar inträffar det ofta att körsador uppstår vid till exempel uttag av virket. Körsador i den bäcknära zonen kan göra att många av de konsekvenser som kommer av avverkning förstärks. Exempelvis kan erosionen bli än större och sedimentpartiklar kan lättare ledas ut i vattnet om det finns traktorspår som leder ner till ett vattendrag.

Terrängkörning leder bland annat till förändringar i mineraljorden såsom minskning i porositet, minskad infiltrationshastighet och en ökad bulkdensitet samt en sammanpressning av marken (Wästerlund, 1992). Det kan även uppstå markbrott och djupa hjulspår. Sammanpressningen beror av flera faktorer såsom maskinernas tryck mot underlaget och markens textur, struktur, humushalt, vattenhalt och rotförekomst. Återställning sker inom 10-40 år beroende på tjäl-ningsförlopp och förekomst av grävande djur och utveckling av växtrötter.

Marksammanpressning resulterar i att markpartiklarna packas tätare vilket leder till att porvolymen avtar. Porvolymen kan ändras upp till 25 % vid terrängkörning i skogsmark. Den tätare packningen av markpartiklar leder till att rötterna får svårare att ta sig ned i marken, vilket också kan leda till att växtens rotsystem blir ytligare. Detta innebär bland annat en ökad risk för torkskador vid tillfälliga torrperioder (Olsson, 1977).

Marksammanpressning medför även en förskjutning i porstorlek mot en större andel finare porer och detta får konsekvenser för markens egenskaper. Denna förskjutning gör att vattnet binds hårdare i marken och den vattenhållande förmågan ökar. Vattenhalten i marken kan därav bli högre. Däremot kan genomluftningen bli sämre vilket kan få konsekvenser för rotandningen. Det kan även uppstå en förskjutning

från vertikala till horisontella porer, vilket även det leder till en minskad infiltrationskapacitet. Den minskade genomluftningen och den hårt kompakterade marken kan betyda att skogsföryngringen försvåras (Olsson, 1977).

Vid terrängkörning i skogsmark blir trädens rötter lätt skadade, framförallt genom avslitning av rötterna. Tillväxtnedsättningar om 25-40 % har setts då orsaken var rotskador som uppkommit genom djupa hjulspår. Rotskadorna kan även utgöra en inkörningsport för rötsvampar (Olsson, 1977).

Olika marker är olika känsliga för körskador. Hur känsliga de är beror på markens bärighet. Marker som har hög vattenhalt och består av torv har låg bärighet, medan en sandig morän med relativt låg vattenhalt har hög bärighet (Viberg, 1997).

Terrängkörning i den bäcknära zonen kan förutom att ge effekter på marken även resultera i stora konsekvenser för det biologiska livet i bäcken. Spår som slutar i vattendrag kan bidra till att stora mängder organiskt och oorganiskt material transporteras ut till vattendraget. Detta material kan i sin tur slamma igen grus- och stenbottnar. Detta får konsekvenser för bottenfauna och för fiskens lekplatser. Fiskyngel och vissa insekter dör av syrebrist då botten täcks av finsediment. Om vattnet grumlas förstörs livsbetingelserna för många vattenlevande djur som kräver klart vatten. Den bäcknära zonen har stor betydelse för vattenutbytet mellan mark och vattendrag. Mycket av det kväve som transporteras med grundvattnet reduceras i den vattenmättade bäcknära zonen. Körning här kan förstöra dess funktion som kvävefälla (Lindwall, 1997). Alla dessa effekter kan uppstå utan att det har avverkats. Detta betyder att den bäcknära zonen alltid borde vara en körfri zon.

Vegetationen i den bäcknära zonen bidrar med färskt organiskt material. Räder dessutom reducerade förhållanden finns en risk att metylkvicksilver kan bildas. I samband med körning omrörs det organiska materialet. Det finns då en risk att det organiskt bundna metylkvicksilvret börjar förflytta sig. Transporten av kvicksilver från små avrinningsområden beror främst av förflyttningen av organiskt material med vattnet. De viktigaste faktorerna som påverkar innehållet och transporten av kvicksilver i avrinningsvattnet vid sådana tillfällen är i) kvicksilverinnehållet i marken ii) transporten av organiskt material från jorden och iii) innehållet av organiskt material i vattnet (Lindqvist m fl, 1991).

Vad säger lagen om skogsterrängkörning

I skogsvårdslagen finns en del begränsningar vad det gäller skogsbruk och skogsterrängkörning i närheten av vattendrag. I paragraf 30 står att "skyddszoner med träd och buskar skall lämnas kvar mot skogliga impediment, utmed hav, sjöar, vattendrag och öppen jordbruksmark samt vid bebyggelse i sådan utsträckning som behövs av hänsyn till växt- och djurlivet, kulturmiljön och landskapsbilden". Vidare står att "skador till följd av skogsbruksåtgärder skall undvikas eller begränsas i och invid hänsynskrävande biotoper och värdefulla kulturmiljöer i skogen". Exempel på hänsynskrävande biotop kan vara kärr och småvatten, strand- och sumpskogar med naturskogskaraktär och äldre skog på uddar och mindre öar i hav, sjöar, vattendrag och myrmarker. "Skador till följd av skogsbruket skall undvikas eller begränsas på mark och vatten. Vid avverkning skall näringsläckage till sjöar och vattendrag begränsas. Näringsläckage kan begränsas om det vid avverkning i anslutning till sjöar och vattendrag sparas kantzoner med träd och buskar" (Skogsstyrelsen, 2001).

I miljöbalkens kapitel 3 paragraf 3 om grundläggande bestämmelser för hushållning med mark och vattenområden står det att "mark- och vattenområden som är särskilt känsliga från ekologisk synpunkt skall så långt som möjligt skyddas mot åtgärder som kan skada naturmiljön". De särskilt känsliga områdena ur ekologisk synpunkt skulle exempelvis kunna vara de bäcknära zonerna (Notisum, 1998).

Syfte

Examensarbetet består av tre delar med följande syften:

- Ge en generell beskrivning av de bäcknära zonerna längs skogsbäckar av rang 1 (källflöden) i Värmland.
- Fastställa förekomsten av traktorspår på marker av olika markfuktighetsklasser i den bäcknära zonen, 0-10 m, längs skogsbäckar av rang 1 i Värmland, samt beskriva spår djup och koppling till skogsbruk.
- Fastställa metylkvicksilver- och totalkvicksilverhalter i ytvatten som påverkats av terrängkörning i samband med skogsbruk i den bäcknära zonen.

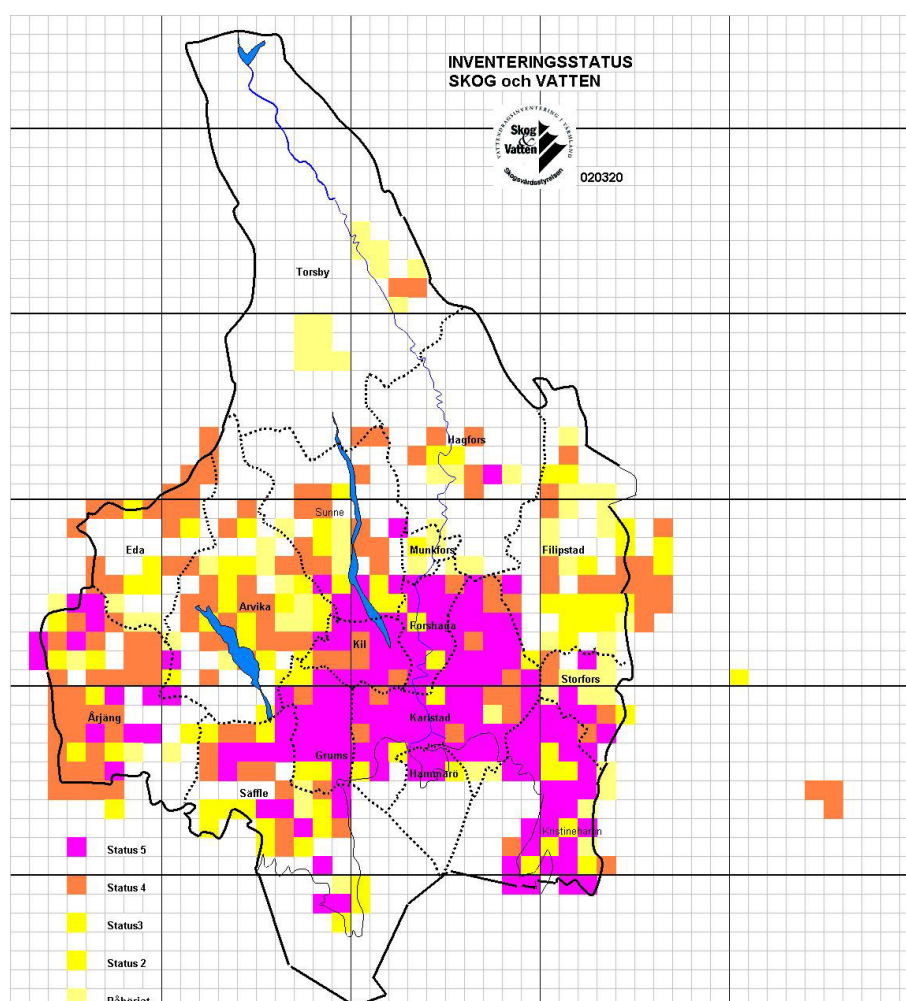
MATERIAL & METODER

Beskrivning av den bäcknära zonen och förekomst av traktorspår

För att fastställa de bäcknära zonernas utseende och traktorspårens förekomst bearbetades data från inventeringsprojektet Skog och Vatten vid Skogsvårdsstyrelsen Värmland/Örebro. Projektet startades 1997 och pågår fortfarande. Figur 2 visar hur mycket som inventerats till mars 2000. Status 5 betyder att bäckarna på kartbladet är helt färdig bearbetade, det vill säga både inventerat i fält och kvalitetskontrollerat i den slutliga databasen. Projektet gick ut på att beskriva hur dagens kantzoner längs med bäckar såg ut, beskriva dess historik samt att dokumentera de biologiska kvalitéer som vattendragen visade. Idén var att

det insamlade materialet skulle ge en ökad vattenhän-syn vid planering av skogsbruket. Inventeringen skedde i grupper om ca fyra personer. Dessa personer hade fått en utbildning i allmän vattenvård och skogshantering, materialhantering, med mera innan inventeringarna startades.

Vattendragen och dess bäcknära zon indelades i avdelningar, vilket är delsträckor med likartade egenskaper (bilaga 1). Avdelningarnas bäcknära zon indelades i tre delzoner, strandnära (0-5 m), närområde (5-10 m) och omgivning (10-60 m). Dessa avdelningar beskrevs sedan utifrån ett flertal parametrar ifyllda på en fältblankett (bilaga 2). Allt insamlat material lagrades i en databas i programmet Microsoft Access.



Figur 2: Inventerade delar av Värmland t.o.m mars 2002. Klassning efter status beskriver hur långt i inventeringsprocessen som kartbladet kommit. Status 5 innebär att alla bäckar på ett kartblad har inventerats och förts in i databasen.

Det material som nyttjades i detta examensarbete var det som fanns tillgängligt i oktober 2001. Detta material motsvarar 58812 avdelningar vilket är 1022 mil. För att begränsa materialet användes endast bäckar av rang 1 (bilaga 1). Att rang 1 valdes beror på att dessa vattendrag är intressanta av två skäl. De är ofta små och betydligt känsligare för störningar än vattendrag av högre rang och dels att de påverkar vattnet nedströms. Av datatekniska skäl bestämdes att vattendraget och dess vänstra kantzon skulle utvärderas. Efter dessa begränsningar blev 33001 avdelningar kvar av de 58812 som totalt var inventerade. De 33001 avdelningarna motsvarar 536 mil. Detta betyder således att ungefär hälften av bäckarna i Värmland utgör rang 1. Bearbetning och utvärdering av materialet gjordes i Microsoft Access.

För att beskriva den bäcknära zonen undersöktes parametrar såsom markfuktighetsklass, trädslagsblandning, vegetationsklass, skiktning och död ved. För definitioner se bilaga 1.

Alla dessa parametrar angavs för de tre delzonerna. För att använda dessa i samband med traktorspår var det tvunget att skapa en delzon på 0-10 m då traktorspår endast är inventerade i den. Delzonen 0-10 m innebar att om markfuktighetsklassen var frisk

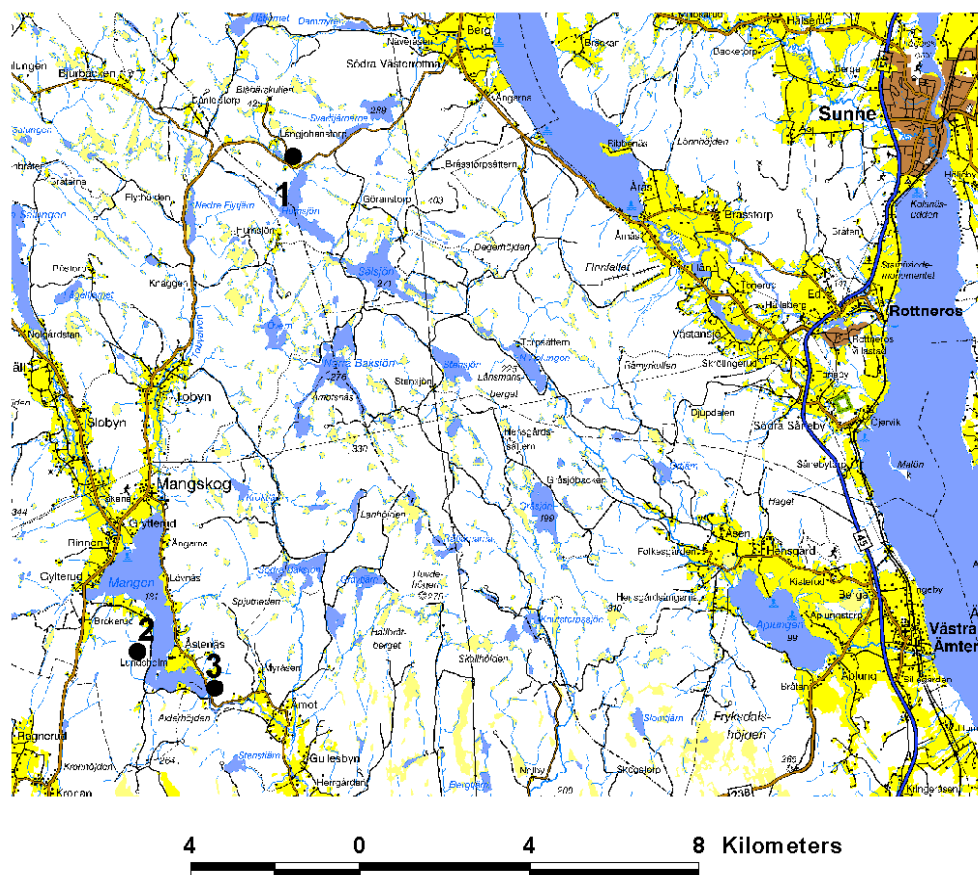
ska den vara det både för 0-5 m och 5-10 m. Det är således inte ett medelvärde av delzonerna 0-5 m och 5-10 m. De avdelningar som inte hade samma markfuktighetsklass för 0-5 och 5-10 finns inte med i delzonen 0-10 m.

Parametrar såsom kalmare (bilaga 1), bestånd med åldern 0-20 år och bestånd som gallrats eller röjts togs fram för att kunna få en förklaring till varför traktorspår uppstått i vissa avdelningar.

Kvicksilverbestämning i ytvatten påverkade av traktorspår

Undersökningsområden

Tre avverkade områden utvaldes i området kring Mangskog i anslutning till sjö eller vattendrag (figur 3). På samtliga hyggen fanns iögonfallande traktorspår. Nedan följer en beskrivning av de tre undersökningsområdena inklusive vattenprovtagningspunkter. Årsnederbörden i detta område var 544 mm och årsmedeltemperaturen var 4,5°C (SMHI, 2001).



Figur 3: Undersökningsområdenas geografiska läge

1. Blåbärskullen

Undersökningsområde Blåbärskullen var en slutavverkad yta i en sluttning. Skogen avverkades januari 2000 och i oktober 2001 utfördes fläckmarkberedning. Nedför sluttningen rann en bäck vilken i övre änden av hygget delade sig för att sedan rinna ihop i nederkanten av hygget. Den bäcknära zonen var avverkad och det hade dessutom körts ett flertal gånger med tunga maskiner i bäcken uppför hela sluttningen. Djupet på spåren varierade mellan 20 och 40 cm. Ovanför hygget stod gran med beståndsålder 40-60 år. Här återfanns bäcken i ett tillsynes opåverkat tillstånd. Markfuktighetsklassen var överlag frisk, men det fanns områden längs bäcken som var blöta. Jordmånen var podsol och jordarten var sandig moig morän. Humustäcket varierade mellan 5 och 10 cm.

Två provpunkter utvaldes i denna sluttning:

- en i bäcken uppströms hygge och körskador.
- en i bäcken nedströms hygge, ca 100 m från det första provpunkten.

2. Brokerud

Detta undersökningsområde var beläget väster om sjön Mängen. Även detta var en slutavverkad yta i en sluttning. Skogen avverkades september 2001 och virket kördes ut oktober samma år. Nedför sluttningen rann en bäck som det vid avverkningen hade körts i vid ett flertal tillfällen (se figur framsida). Den bäcknära zonen var avverkad. Ovanför den avverkade ytan var det dominerande trädslaget 20-40-årig gran och här rann bäcken ostört. Markfuktighetsklassen var frisk och humustäcket varierade mellan 10 och 15 cm. Jordarten var sandig morän och jordmånen var podsol. Bäcken på hygget rann vidare ut till sjön Mängen efter att ha passerat en vägtrumma.

Tre provpunkter utvaldes vid detta undersökningsområde:

- en i bäcken uppströms hygge och körskador.
- en i bäcken nedströms hygge, ca 200 m från det första provpunkten.
- en i en pöl som bildats i ett traktorspår på hygget.

3. Åstenäs

Detta undersökningsområde var beläget på den östra sidan av sjön Mängen. Provplatsen var ett hygge i sluttning som sträckte sig på två sidor av en höjd. Den ena sluttningen var vänd mot sjön Mängen och den andra bort från Mängen. Skogen avverkades september 2001 och virket kördes ut i oktober samma år. Humuslagrets tjocklek var ca 15 cm och jordmånen var podsol. I sluttningen vänd mot Mängen fanns ett djupt traktorspår. Spårets djup var mellan 80 och 100 cm. Detta spår har fått till följd att partiklar och sediment hade transporterats i spåret och förts med ut i sjön. Dessa partiklar hade medfört att det vid vägen innan sjön har bildats en fördämning med vatten stående. Ännu en fördämning hade bildats vid ett virkesupplag där det fortfarande låg virke kvar (figur 4). Från denna fördämning ledde det ett spår upp till hygget. I ett lite blötare parti i nederkanten på hygget vänt från Mängen hade traktorspår bildats (figur 5). Dessa spår var ca 20-40 cm.

Tre provpunkter utvaldes vid detta undersökningsområde:

- en vid fördämningen som bildats vid sjön Mängen.
- en vid fördämningen som bildats vid virkesupplaget.
- en i en pöl som bildats i ett traktorspår på hygget.



Figur 4: Fördämning som bildats vid ett virkesupplag samt ett spår som leder upp till hygget vid Åstenäs.



Figur 5: En pöl som har bildats i ett traktorspår vid ett blötare parti på hygget vid Åstenäs.

Vattenprovtagning

Provtagning skedde 24-25 april 2002. Två prover togs vid varje provpunkt. Ett prov togs för analys av totalkvicksilver och metylkvicksilver och ett för en karakterisering av vattnets allmänna kemiska status.

Vid provtagning för kvicksilveranalys måste extra stor försiktighet iakttas då det handlar om mycket låga halter och proverna lätt kan kontamineras. Flaskorna som användes innehöll en-procentig HCl-lösning och låg i två plastpåsar. Den yttre plastpåsen räknades som kontaminerad. Vid provtagning måste provtagaren ha handskar på sig. Flaskan och den avskruvade korken var kvar i den inre påsen under hela provtagningen. Åtta prover samt ett blankprov togs. Blankprovet innebar att flaskan behandlas lika som övriga vid provtagning utan att HCl-lösningen hälldes ut. Blankprovet togs för att säkerställa att ingen kontaminering förelåg.

Vattenanalyser

Vattenproverna skickades till IVL i Göteborg för analys av totalkvicksilver och metylkvicksilver. Vid institutionen för skoglig marklära vid SLU i Uppsala gjordes analyser av pH, konduktivitet, totalt organiskt kol, totalkväve, nitratkväve, totalfosfor och fosfatfosfor. Samtliga analyser gjordes enligt fastställda standardrutiner.

RESULTAT

Skog och vatten inventeringsprojektet

Allmän bild av den bäcknära zonen i Värmland

Tabell 1 åskådliggör hur de bäcknära zonerna ser ut längs med vattendragen för de inventerade bäcksträckorna av rang 1 i Värmland.

De flesta avdelningarna, 76 %, hade produktiv skogsmark närmast vattendraget (0-10 m). Andelen produktiv skogsmark varierade obetydligt (76-78,5 %) för de olika delzonerna. För myr kunde däremot en trend ses att andelen avdelningar med myr minskade längre bort från bäcken. Närmast bäcken (0-5 m) bestod 6,6 % av myr medan för delzonen 10-60 m endast 3,5 % var myr.

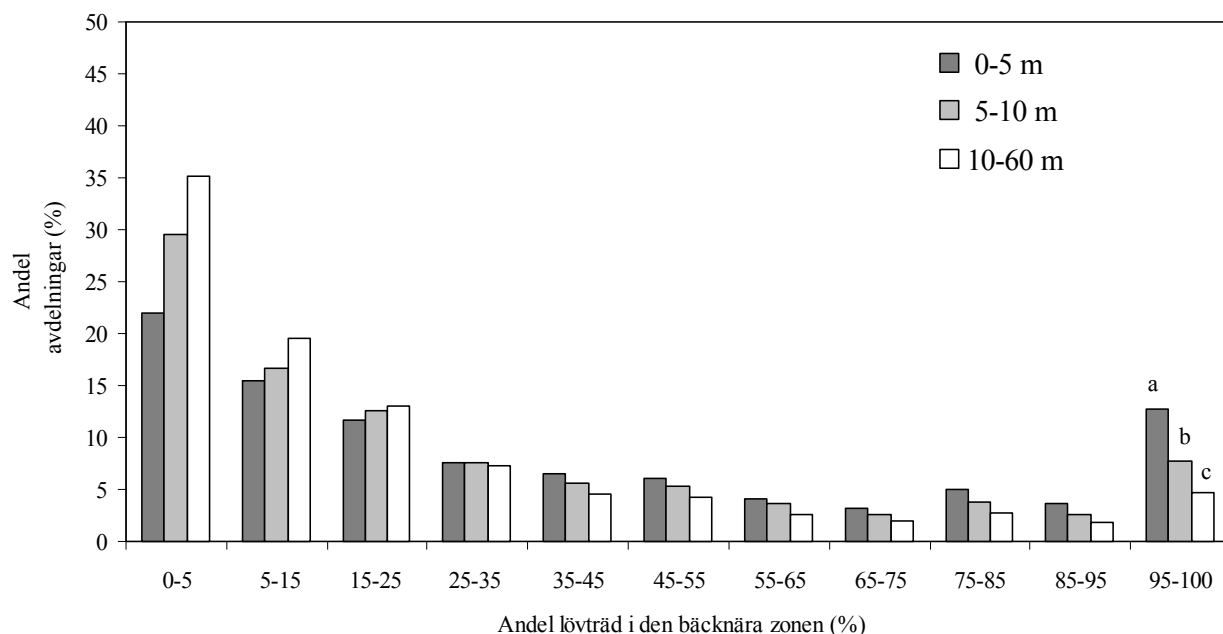
Frisk mark var den markfuktighetsklass som dominerade och uppgick till 86 % av alla avdelningar i den bäcknära zonen (0-10 m). Efter frisk mark följde fuktig mark med 9 %, blöt mark med 4,5 % och minst vanlig var den torra markfuktighetsklassen som endast utgjorde ca 1 % av alla avdelningar. Både den fuktiga och blöta marken var mer förekommande närmast bäcken (0-5 m) med 15 respektive 6,5 % och minskade till 10 respektive 4 % för delzonen 5-10 m.

De torra, friska och fuktiga markfuktighetsklasserna bestod till stor del av produktiv skogsmark. Andelen varierade från 71 % för den fuktiga marken till 88 % för den friska marken. Den blöta marken bestod till ca tre tiondelar av produktiv skogsmark.

Nästan 8 % av alla avdelningar hade kalmare närmast bäcken (0-10 m). Därtill kom att närapå 19 % bestod av beståndsåldern 0-20 år. Kalmaren var minst vanlig (8,2 %) närmast bäcken och ökade till 10,5 % vid delzonen 10-60 m. De flesta bestånden var enskiktade vilket innebar att beståndet var likåldrigt. Vedtäkt, gallring och röjning hade ej förekommit i tre av fyra avdelningar.

Tabell 1: Allmän karakteristik av den bäcknära zonen vid vattendrag av rang 1 i Värmland uppdelat i olika delzoner. Siffrorna i tabellen visar hur många procent det finns av respektive parameter i förhållande till det totala antalet inventerade avdelningar. Där siffror saknas fanns inte data att tillgå. Definitioner för flertalet parametrar se bilaga 1.

	0-10 m	0-5 m	5-10 m	10-60 m
Ägoslag (%)				
Produktiv skogsmark	76,0	78,5	77,7	78,3
Myr	5,5	6,6	5,6	3,5
Berg m.m	18,5	14,9	16,7	18,9
Markfuktighetsklass (%)				
Torr	1,1	1,1	1,6	
Frisk	85,7	77,5	84,5	
Fuktig	8,9	15,0	9,9	
Blöt	4,4	6,5	4,0	
Prod. mark för resp. markfuktighetsklass (%)				
Torr	79,1			
Frisk	88,1			
Fuktig	71,3			
Blöt	31,7			
Beståndsålder (%)				
Kalmark	7,6	8,2	9,9	10,5
0-20 år	18,6	22,8	19,5	16,9
Skiktning (%)				
Enskiktad	52,9	57,3	57,7	
Flerskiktad	29,1	33,5	31,4	
Gallring/Vedtäkt/Röjning (%)				
Saknas	75,1			
Finns	24,8			
Död ved, stående (%)				
Måttligt eller rikligt	6,2			
Inget eller enstaka	93,7			
Död ved, liggande (%)				
Måttligt eller rikligt	16,1			
Inget eller enstaka	83,8			
Vegetationsklass (%)				
Gräs-örttyp	71,5	71,4	66,2	
Mark utan fältskikt	8,5	8,5	9,4	
Starr-fräkentyp	2,5	3,5	2,4	
Blåbär-lingontyp	14,4	13,2	18,6	
Kråkbär-ljungtyp	0,7	0,7	0,9	
Fattigristyp	1,1	1,1	1,2	
Lavtyp	0,2	0,2	0,2	
Torvmark	1,2	1,4	1,1	



Figur 5: Andel avdelningar (delsträckor) på olika lövandelsskogar i den bäcknära zonen på produktiv skogsmark. De rena lövskogarna som hade mer än 50 % al: a) 28,3 %, b) 21,3 %, c) 21,3 %

Stående respektive liggande död ved återfanns i 6 respektive 16 % av avdelningarna i delzonen 0-10 m. Den vanligaste (71,5 %) vegetationsklassen för alla delzonerna var gräs-örttyp. Därefter följde blåbärlingontyp som utgjorde 14,4 % av alla avdelningar.

Trädslagsblandningen i de bäcknära zonerna med produktiv skogsmark bestod till största delen av ren barrskog, 0-5 % löv (figur 5). Dessutom blev förekomsten av den rena barrskogen större ju längre från bäcken man kom. Detta innebar att i så mycket som 1/3 av delzonen 10-60 m var det ren barrskog. När det gäller den rena lövskogen förekom flest avdelningar istället i delzonen 0-5 m. Med undantag för rena lövskogar var det sällsynt med blandbestånd där skogarna utgjorde mer än 50 % löv.

Tabell 2: Andel avdelningar med traktorspår i den bäcknära zonen (0-10 m) och i/till vattendraget i respektive markfuktighetsklass samt hur många av dessa som återfanns på impediment.

Andel avd. med traktorspår (%)	Markfuktighetsklass				
	Torr	Frisk	Fuktig	Blöt	Samtliga
I den bäcknära zonen	12,3	12,2	12,6	6,8	11,6
I/till vattnet	7,9	6,8	7,1	4,0	6,5
Impediment i den bäcknära zonen	5,4	3,3	9,7	52,5	12,0
Impediment i/till vattnet	8,7	4,5	8,9	51,1	7,3

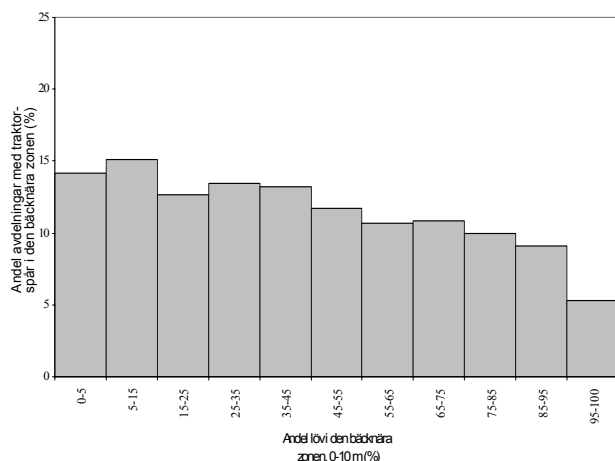
I de rena lövskogarna bestod 28,3 % av avdelningarna med mer än 50 % al, både gråal och klippal, för delzonen 0-5 m. Det var ingen skillnad mellan delzonerna 5-10 m och 10-60 m där andelen avdelningar med mer än 50 % al uppgick till 21,3 procent.

Förekomst av traktorspår i den bäcknära zonen i Värmland

Traktorspår fanns i cirka 12 % av alla avdelningar, varav ungefär hälften av dessa traktorspår ledde i/till en bäck (tabell 2).

Andelen avdelningar med traktorspår i den bäcknära zonen fördelade sig jämt i markfuktighetsklasserna, med undantag för den blöta klassen (tabell 2). Detta mönster upprepas för spåren som leder till och i vattnet. Av alla de traktorspår som återfanns på blöt mark var drygt hälften av (52,5 %) dessa på impediment. De flesta av traktorspåren på övriga markfuktighetsklasserna fanns på produktiv mark.

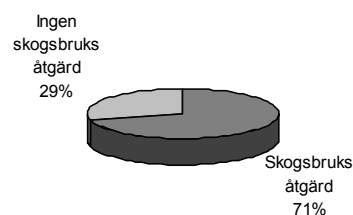
Traktorspår återfanns i 10-15 % av avdelningarna oavsett lövinblandning (figur 6), dock med undantag för den rena lövskogen där endast 6 % hade traktorspår. En svag tendens till minskning av andel traktorspår med tilltagande lövandel förelåg, d.v.s. att andelen traktorspår var störst där lövandelen var minst.



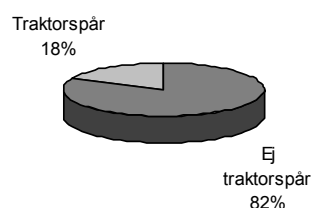
Figur 6: Andel avdelningar med traktorspår i den bäcknära zonen (0-10 m) för respektive lövandel.

Av alla traktorspår i den bäcknära zonen (0-10 m) på produktiv skogsmark återfanns 71 % på mark där någon form av skogsbruksåtgärd utförts (figur 7a). Med skogsbruksåtgärd menas kalmare, ungskog (0-20 år) som inte har gallrats och skog som har gallrats. På mark där någon form av skogsbruksåtgärd utförts hade 18 % traktorspår, vilket betyder att det inte fanns några spår på 82 % av alla avdelningar trots att någon form av skogsbruksåtgärd var utförd (figur 7b).

a) Traktorspår i den bäcknära zonen (0-10 m) på produktiv skogsmark

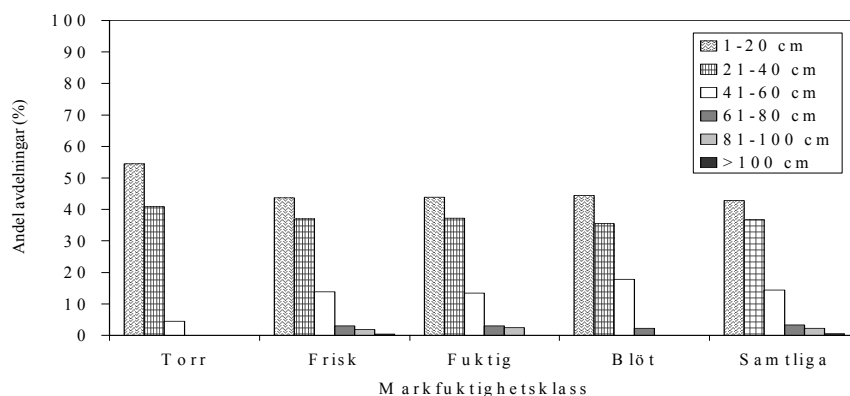


b) Mark med skogsbruksåtgärd i den bäcknära zonen (0-10 m)



Figur 7: a) Traktorspår i den bäcknära zonen (0-10 m) på produktiv skogsmark med och utan skogsbruksåtgärd. b) Mark med skogsbruksåtgärd i den bäcknära zonen (0-10 m) med och utan traktorspår.

I figur 8 ses fördelningen av samtliga spår i 20-cm klasser samt fördelningen av spår i respektive markfuktighetsklass. De vanligast förekommande spår i klasserna 1-20 cm och 21-40 cm vilka utgjorde 79,6 % av alla traktorspår. Mönstret av spår i klasserna var lika i alla markfuktighetsklasser där andelen spår varierade mellan 44 och 54,5 % i klassen 1-20 cm och



Figur 8: Fördelning av traktorspår i den bäcknära zonen (0-10 m) för respektive markfuktighetsklass och för samtliga spår oavsett markfuktighetsklass.

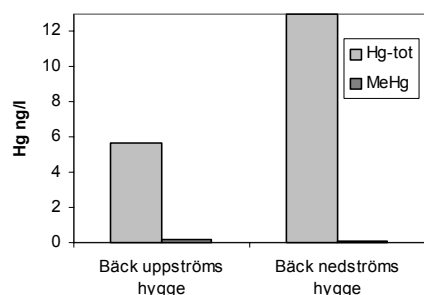
mellan 35,5 och 41,0 % i 21-40 cm klassen. Spår djup 41-60 cm var inte ovanliga och var mest frekventa, 17,8 % på den blöta marken. Spår djup över 80 cm var sällsynta.

Vattenkemiska analyser

Kvicksilver

1. Blåbärskullen

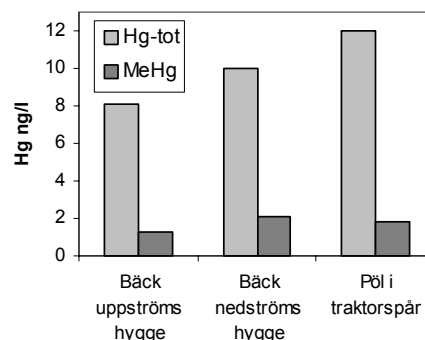
I bäcken uppströms hygget var halten av totalkvicksilver 5,7 ng/l och halten av metylkvicksilver 0,15 ng/l (figur 9). I bäcken nedströms hygget hade koncentrationen av totalkvicksilver ökat till 13,0 ng/l medan metylkvicksilver hade minskat till 0,07 ng/l. Metylkvicksilver utgjorde 2,63 % av det totala kvicksilvret uppströms och 0,54 % nedströms.



Figur 9: Halter av totalkvicksilver och metylkvicksilver i bäckvatten uppströms och nedströms hygget vid Blåbärskullen. Provtagningsdatum 020424.

2. Brokerud

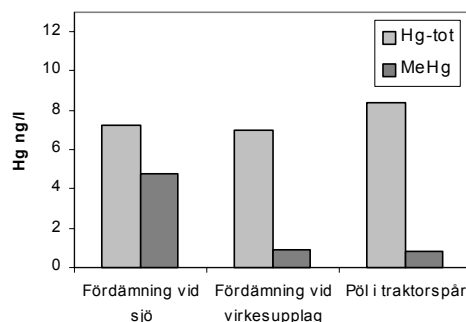
I bäcken uppströms hygget var halten av totalkvicksilver 8,1 ng/l och halten av metylkvicksilver var 1,26 ng/l (figur 10). I bäcken nedströms hygget hade koncentrationen av total- och metylkvicksilver ökat till 10,0 respektive 2,11 ng/l. Uppströms hygget utgjorde metylkvicksilvret 15,6 % och nedströms 21,1 % av det totala kvicksilvret. I pölen som bildats i ett traktorspår var halterna av totalkvicksilver och metylkvicksilver 12,0 ng/l respektive 1,82 ng/l. Metylkvicksilvret utgjorde här 15,2 % av totalkvicksilvret.



Figur 10: Halter av totalkvicksilver och metylkvicksilver vid tre olika provpunkter på hygget vid Brokerud. Provtagningsdatum 020425.

3. Åstenäs

Fördämningen vid sjö och fördämningen vid virkesupplag hade 7,2 ng/l respektive 7,0 ng/l totalkvicksilver. Motsvarande halter av metylkvicksilver var 4,78 ng/l och 0,88 ng/l. Metylkvicksilvret utgjorde 66,0 % av totalkvicksilvret i fördämningen vid sjön medan motsvarande andel vid fördämning vid virkesupplag var 8,8 %. I pölen som bildats i ett traktorspår var halterna av totalkvicksilver och metylkvicksilver 12,5 ng/l respektive 0,85 ng/l. Metylkvicksilvret utgjorde här 6,8 % av det totala kvicksilvret.



Figur 11: Halter av totalkvicksilver och metylkvicksilver vid tre olika provpunkter vid hygget vid Åstenäs. Provtagningsdatum 020425.

Allmän vattenkemisk status

Resultaten av de vattenkemiska analyserna visas i tabell 3. Vid Blåbärskullen var pH lägre än vid övriga provplatser. pH-värdet var där endast 4,15 och 4,25 medan det vid övriga platser överskred 5,0 förutom vid en provpunkt vid Brokerud. Högst pH-värden återfanns vid provplatsen vid Åstenäs där värdena var mellan 5,64 och 5,83. Störst ledningsförmåga hade vattnet vid Åstenäs där högsta värdet uppnådde 108 µS/m. Lägsta värdet uppmättes nedströms hygget vid Blåbärskullen och var på 66 µS/m. Både nitratkväve och totalkväve återfanns i låga halter vid alla provplatser, vilket även gällde för fosfatfosfor. En viss variation av totalt organiskt kol förelåg. Lägsta värden, 11,9-14,0 mg/l, uppmättes vid Åstenäs. Det högsta värdet, vilket var 32,3 mg/l, fanns uppströms

vid Brokerud. Sammantaget visade de vattenkemiska analyserna normala värden. Variationen mellan de olika vattnen var relativt låg.

Tabell 3: Grundläggande kemiska data för undersökta vatten. Provtagningsdatum 020424-25

		pH	Kond.	PO ₄ -P	P-tot	NO ₃ -N	N-tot	Tot.org.kol
			(µS/m)	(mg/l)				
Blåbärskullen	Bäck uppströms hygge	4,15	90	0,014	0,012	0,05	0,44	24,6
	Bäck nedströms hygge	4,25	66	0,011	0,016	0,02	0,36	22,7
Brokerud	Bäck uppströms hygge	5,15	80	0,013	0,023	0,06	0,86	32,3
	Bäck nedströms hygge	5,59	75	0,012	0,021	0,06	0,64	23,9
	Pöl i traktorspår	4,88	75	0,012	0,029	0,01	0,55	15,4
Åstenäs	Fördämning vid sjö	5,80	108	0,012	0,038	0,01	0,44	13,3
	Fördämning vid virkesupplag	5,83	90	0,011	0,074	0,01	0,44	11,9
	Pöl i traktorspår	5,64	86	0,005	0,014	0,06	0,38	14,0

DISKUSSION

Materialet från inventeringsprojektet Skog och Vatten som använts till att ge en allmän karakteristik av de bäcknära zonerna samt att fastställa förekomsten av traktorspår i denna zon var unikt. Det var ett enormt material som hade samlats in. Därav kan man utefter resultaten verkligen säga att det ser ut på detta sätt längs små skogliga vattendrag av rang 1 i Värmland. Generellt sett kan den mest förekommande bäcknära zonen längs skogliga vattendrag av rang 1 i Värmland sammanfattas som en frisk, produktiv mark med enskiktad barrskog och en vegetationsklass av gräs-örttyp. Död ved var inte vanligt förekommande. Den friska markfuktighetsklassen dominerade med 86 %. Det var lite oväntat att både den fuktiga och den blöta markfuktighetsklassen endast utgjorde 13 % tillsammans. Det hade varit mer väntat att återfinna mycket av de mer blöta markfuktighetsklasserna längs med vattendragen. Att det är så mycket frisk mark kan vara förklaringen till att det är så mycket barrträd längs vattendragen istället för lövträd. Kanske är detta en bild av att skogsbruket har varit aktivt i den bäcknära zonen. Den friska marken kan förklaras med att rang 1 bäckar har blivit dikade d.v.s. att grundvatten nivån har sänkts, vilket även kan vara anledningen till att 76 % av alla avdelningarna är produktiva.

Rena barrskogar inklusive skogar med hög andel barr längs med vattendragen var betydligt vanligare än skogar med mycket löv. Detta resultat visar att det verkligen behövs mer löv längs med vattendragen och att de råd som Skogsstyrelsen ger om att spara löv och att återskapa en bäcknära zon med lövträd och undervegetation längs vattendrag är befogade (Skogsstyrelsen, 2000).

I 12 % av alla avdelningar har man kört så att spår bildats oavsett om någon skogsbruksåtgärd utförts eller ej. Jag anser att dessa 12 % är för mycket då det är den bäcknära zonen det handlar om. I denna zon borde det inte finnas några spår överhuvudtaget. Beträffande körning i samband med skogsbruk råder Skogsstyrelsen att ingen körning ska ske i den bäcknära zonen (Skogsstyrelsen, 2000). Erhållet resultat kan tyda på att bäckar av rang 1 har låg prioritet vid miljöhänsyn vid körning. Ibland kan körningarna säkert ske på snötäckt mark eller i mörker vilket är försvårande omständigheter för att undvika att köra i små bäckar och dess bäcknära zon. Detta kan vara en förklaring, men är ingen ursäkt.

Andelen traktorspår fördelar sig lika i de olika markfuktighetsklasserna förutom i den blöta klassen som hade lägre andel traktorspår. Förklaringen till att det inte körts lika mycket i de blöta markerna kan vara att skogsbruket ser dessa biotoper som skyddsvärda och därför lämnar dem ifred. En annan förklaring kan vara att de helt enkelt är så blöta att det inte går att köra. Av de traktorspår som fanns på de blöta markerna fanns drygt 50 % på ej produktiv mark,

medan motsvarande siffra för de torra, friska och fuktiga markerna uppgår till knappt 8 %. Detta betyder att det körs en hel del på blöt mark trots att det inte är någon produktiv skogsmark, vilket i sin tur kan innebära att det finns en hel del spår som inte har någon tydlig skogsbruksanknytning.

Vid fördelning av traktorspår i olika lövandelsklasser framkom att det var minst traktorspår i rena lövskogar. Det framkom även att de rena lövskogarna var betydligt fler än blandskogar med hög lövandel. En tänkbar förklaring till detta är att det är ett uttryck för miljömålet i skogsvårdslagen och att de rena lövskogarna bevaras och sparas därav.

Likheten i fördelning av traktorspårens djup för de olika markfuktighetsklasserna kan te sig märklig då markerna har olika bärighet. Detta kan ha sin förklaring till skogsbrukets planering och hänsynstagande till markernas olika bärighet. I de fuktiga och blöta markerna, vilka har lägre bärighet än de friska och torra markerna, kanske åtgärder som lättare maskiner, mindre last eller att det körs med en mindre frekvens används. På så sätt blir inte spåren djupare än de vi ser i resultaten. Ytterligare förklaring kan vara att avverkning och körning förläggs till vintertid då marken är tjälad. Trots detta kan det te sig konstigt att de blöta markerna inte har fler djupa spår. En orsak till detta är att spåren kan flyta igen fort när en skogsmaskin kör i riktigt blöta förhållanden, vilket gör det svårt att upptäcka dem vid inventeringstillfället. Att det bildas spår som är 60 cm och djupare i den bäcknära zonen måste vara oacceptabelt. Detta borde inte kunna vara godkänt enligt dagens lagstiftning där det bland annat står att "skador till följd av skogsbruket skall undvikas eller begränsas på mark och vatten" (Skogsstyrelsen, 2001).

Anmärkningsvärt var att hälften av alla avdelningar antingen bestod av kalmark, beståndsalder 0-20 år, eller att de blivit utsatta för gallring, vedtäkt eller röjning. Detta är förvånansvärt mycket då denna typ av åtgärder i den bäcknära zonen kan under vissa förutsättningar ge negativa konsekvenser. Exempelvis kan kraftig avverkning minska beskuggningen vilket i sin tur ger stora effekter på vattendraget genom till exempel förhöjd vattentemperatur. I samband med skotning av det avvertrade virket kan erosionen öka och det kan även uttransporten av organiskt material (Bergquist, 1999).

Vid ökad uttransport av organiskt material föreligger också en risk för ökat utflöde av metylkvicksilver och totalkvicksilver. Vid vissa av mina provplatser fanns det indikationer på att halterna av metylkvicksilver var högre än vad de borde vara. Värdena kan jämföras med resultat som Lee och Iverfeldt fick 1991 vid en omfattande studie av halterna av totalkvicksilver och metylkvicksilver i avrinningsvatten vid en mängd olika provplatser från geografiskt spridda stationer i Sverige. Deras resultat kan ses som ostörda, det vill säga att de inte påverkats av någon punkt-

källa eller någon annan störning. I avrinningen uppmättes värden av metylkvicksilver mellan 0,04 och 0,64 ng/l och värden mellan 2 och 12 ng/l för totalkvicksilver. I min studie var det två provpunkter som var ostörda, d.v.s att de inte påverkats av avverkning eller traktorspår. Dessa två provpunkter var uppströms bäckarna vid Blåbärskullen och Brokerud. Halterna av totalkvicksilver och metylkvicksilver var vid Blåbärskullen 5,7 ng/l respektive 0,15 ng/l och vid Brokerud 8,1 ng/l respektive 1,26 ng/l. Halterna av totalkvicksilver ligger inom det intervall som Lee och Iverfeldt uppmätte. Däremot är halten av metylkvicksilver vid Brokerud dubbelt så hög. Detta sammanföll med den högst uppmätta (32,3 mg/l) halten av totalt organiskt kol. I närheten av denna provpunkt fanns ett litet område med myrmark. Lee m fl (1995) observerade i en studie att det var ett större utflöde av metylkvicksilver från en bäcknära zon som hade ett djupare lager av torv och vitmossor än vad en annan bäcknära zon hade. Även Nilsson m fl 2002 skriver att myrar är miljöer där nedbrytning av organiskt material sker under syrefria förhållanden. Finns det dessutom höga halter av sulfat finns det förutsättningar att metylering kan ske. Detta borde kunna ha betydelse för det relativt höga läckaget vid denna provpunkt vid Brokerud då en liten myr fanns i anslutning.

Halterna av totalkvicksilver vid Blåbärskullen och Brokerud var högre nedströms än uppströms. Halterna var dock ungefär i samma område som det som uppmättes av Lee och Iverfeldt (1991). Däremot var halterna av metylkvicksilver högre vilket indikerar att terrängkörning kan frigöra och transportera markbundet metylkvicksilver. I bäcken nedströms hygget vid Blåbärskullen var koncentrationen däremot endast var 0,07 ng/l. En tänkbar förklaring kan vara att humustäcket var mindre tjockt än vid övriga undersökningsområden, eller att Blåbärskullen kanske har haft en lägre deposition av kvicksilver genom att hygget ligger i något slag av regnskugga. Det finns inte någon förklaring i vattenkemin till de låga halterna vid Blåbärskullen utom möjligtvis pH-värdet. pH-värdena vid Blåbärskullen var lägre än vid de övriga provpunkterna. Upptaget av metaller i växter beror bland annat av pH. Detta gäller även för kvicksilver. Då kvicksilver blir mer lösligt vid lägre pH kan växterna ta upp större mängder av metallen (Lodenius, 1994). Detta skulle kunna vara förklaringen till de låga halterna som uppmättes av metylkvicksilver vid Blåbärskullen. pH-värdet är så pass lågt att det gör kvicksilvret mer rörligt och det gräs som växer på hygget har tagit upp metallen, vilket resulterar i att det inte blir några höga halter i vattendragen.

Vid Brokerud och Åstenäs utgjorde metylkvicksilvret en större del av totalkvicksilvret än vad det gjorde i Lee och Iverfeldts studie (1991). I deras studie utgjorde metylkvicksilvret mellan 1 och 6 % av det totala kvicksilvret, medan mina resultat visade på en

procentsats mellan 9 och 66. Även det tyder på att det skett ett större utflöde av metylkvicksilver i förhållande till det totala kvicksilvret än vad det gjorde vid ostörda platser.

I samma studie av Lee och Iverfeldt syntes en stark korrelation mellan metylkvicksilver och totalkvicksilver med vattenfärg. Denna korrelation visade att transporten av metylkvicksilver och totalkvicksilver från marken via avrinningen var starkt relaterad till transporten av organiskt material. Det nedbrutna organiska materialet tillsammans med åtföljande kvicksilver läckte ut från marken tillsammans med avrinningsvattnet när vattenflödet passerar genom de översta delarna av marken under perioder av höga flöden. I min studie kunde dock inga mönster mellan totalt organiskt kol och halterna av metylkvicksilver ses. Vid Blåbärskullen där halterna av metylkvicksilver var mycket låga var halterna av totalt organiskt kol 24,6 mg/l uppströms och 22,7 mg/l nedströms. Vid Åstenäs där det högsta värdet av metylkvicksilver uppmättes var värdet av totalt organiskt kol endast 13,3 mg/l. Eventuellt kan totalt organiskt kol vara en förklaring till den relativt höga halten av metylkvicksilver uppströms hygget vid Brokerud.

Vidare kan mina resultat jämföras med en studie som IVL har gjort i Gårdsjön, vilken är belägen norr om Göteborg. Där uppmättes sommaren 1999 höga halter av metylkvicksilver i avrinningsvattnet. Dessa förhöjda halter sammanföll med en avverkning med efterföljande körsador inom avrinningsområdet. Halter på 2,5 ng/l och 4,4 ng/l uppmättes vilket var halter som var ca 100 gånger högre än tidigare år. Denna ökning varade i tre månader varefter halterna sjönk. Fortfarande ett år efter avverkningen var mängden av metylkvicksilver förhöjd med cirka 10 gånger jämfört med året innan avverkningen. Halterna av totalkvicksilver ökade med så mycket som 100 % och minskade till högre värden än de ursprungliga värdena på 2 till 4 ng/l (IVL nyheter, 2002). Halterna vid mina provpunkter var inte långt ifrån de som uppmättes i Gårdsjön, förutom vid Blåbärskullen. Vid en av mina provpunkter var värdet till och med högre än det högsta värdet som uppmättes vid Gårdsjön och detta trots att provtagningen gjordes cirka 8 månader efter att avverkning och medföljande körsador gjordes. Beaktansvärt är att så höga halter uppmättes då depositionen av kvicksilver är lägre vid mina undersökningsområden än vid Gårdsjön.

Bishop m fl (1995) observerade i en studie vid Svartberget i norra Sverige att de koncentrationer av metylkvicksilver som uppmättes i podsoler inte var tillräckligt för att motsvara det läckage som skedde av metylkvicksilver trots att området täcktes till 70 % av podsol. Den enda källan till ytterligare metylkvicksilver var de bäcknära zonerna och mossorna längs bäckarna. De drog därav slutsatsen att utflödet av metylkvicksilver från skogliga områden kontrolleras av de biogeokemiska processerna i den bäcknära

zonen. Med detta i åtanke borde körning i den bäck-nära zonen vara otänkbart då man kan störa dessa processer så att utflödet blir än större.

SLUTORD

Detta examensarbete har kunnat belägga att körning i den bäcknära zonen förekommer och att det i vissa fall resulterar i djupa spår. Med stöd av uttalade ambitioner från exempelvis Skogsstyrelsen bör detta vara oacceptabelt framförallt för att vi idag inte känner till alla negativa effekter som kan uppstå. Frigörande och transport av kvicksilver kan vara ett exempel på detta. I och med att vi de senaste årtiondena haft en försmutsning av vår atmosfär som har lett till att vår skogsmark har tillförts ämnen som kan vara skadliga för levande organismer i ytvatten bör stor försiktighet åtagas vid terrängkörning för att lämna den bäcknära zonen så orörd som möjligt.

TACK

Ett stort tack till mina handledare Gunnar Wiklander och Bo-Erland Johansson för ert stöd och enorma engagemang. Tack Åsa Bergkvist för ett bra samarbete, hjälp vid provtagning, datasupport och för att du alltid har funnits till hands. Tack Caroline Rothpfeffer för granskning och kommentarer av mitt examensarbete. Tack Stig Emilson och Nicklas Avén vid skogsvårdsstyrelsen Värmland/Örebro samt till anställda på institutionen för skoglig marklära, SLU, speciellt Johan Stendahl.


REFERENSER

- Bergquist, B. 1999. *Påverkan och skyddszoner vid vattendrag i skogs- och jordbrukslandskapet*. Fiskeriverket rapport 1999:3. Göteborg
- Bishop K, Lee, YH, Petterson, C och Allard, B. 1995. *Terrestrial sources of methylmercury in surface water: The importance of the riparian zone on the Svartberget catchment*. Water, air & soil pollution 80.
- Europeiska kommissionen. 2002. *Ramdirektiv för vatten – Slå upp det!* Byrån för Europeiska gemenskapernas officiella publikationer. Luxemburg.
- Lee, YH, Bishop, K, Petterson, C, Iverfeldt, Å och Allard, B. 1995. *Subcatchment output of mercury and methylmercury at Svartberget in northern Sweden*. Water, air & soil pollution 80.
- Lee, YH, Borg, G, Iverfeldt, Å och Hultberg, H. 1994. *Fluxes and turnover of methylmercury: Mercury pools in forest soils*. I: Watras J & Huckabee JW (Eds) Mercury pollution: integration and synthesis. Lewis publisher.
- Lee, YH och Iverfeldt, Å. 1991. *Measurement of methylmercury and mercury in run-off, lake and rain waters*. Water, air & soil pollution 56
- Lindqvist, O. 1994. *Atmospheric cycling of mercury: An overview*. I: Watras J & Huckabee JW (Eds) Mercury pollution: integration and synthesis. Lewis publisher.
- Lindqvist, O, Johansson, K, Aastrup, M, Andersson, A, Bringmark, L, Hovsenius, G, Håkansson, L, Iverfeldt, Å, Meili, M, Timm, B. 1991. *Mercury in the Swedish environment – recent research on causes, consequences and corrective methods*. Water, air & soil pollution 55 / 1-2. Nederländerna
- Lindwall, D. 1997. *Hänsyn till vattenmiljö vid terrängtransport*. Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsmästarskolan. Examensarbete nr 1997:10. Skinnskatteberg
- Lodenius, M. 1994. *Mercury in terrestrial ecosystems: A review*. Från Mercury pollution integration and synthesis
- Lundin, L. 1995. *Vattnet i skogsmarken- skogsbrukets effekter på hydrologi och vattenkemi*. Skog och forskning nr 4.
- McBride, M. B. 1994. *Environmental chemistry of soils*. Oxford university press. New York.
- Naturvårdsverket. 2002. *Miljö kvalitetsmål*. <http://www.environ.se>
- Naturvårdsverket. 1999. *Levande sjöar och vattendrag*. Rapport 4996. <http://www.naturvardsverket.se/dokument/hallbar/miljomal/rapport/rappdok/pdfdok/sjoar.pdf>
- Naturvårdsverket. 1991. *Kvicksilver i Sverige problem och åtgärder*. Naturvårdsverket informerar. Stockholm
- Nilsson, M, Skjellberg, U, Bishop, K, Frech, W. 2002. *Är myrarnas källan till kvicksilver i våra svartlistade sjöar?* Markdagen 2002 forskningsnytt om mark. Rapporter i skogsekologi och skoglig marklära nr 84.
- Notisum. 1998. *Miljöbalken*. <http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/19980808.HTM>
- Olsson, M. 1977. *Körskador i skogsbruket – ett markvårdsproblem*. Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift, häfte 2-3.
- Ruhling, Å och Tyler, G. 2000. *Changes in atmospheric deposition rates of heavy metals in Sweden*. Water, Air and Soil Pollution: Focus 1: 311-323
- Skogsstyrelsen. 2001. *Skogsvårdslagen*, handbok.
- Skogsstyrelsen. 2000. *Skogsbruk vid vattnet*. Skogsstyrelsens förlag.
- SMHI. 2001. *Väder och Vatten nr 13*.
- Sylvia, D. M, Fuhrmann, J. J, Hartel, P. G, Zuberer, D. A. 1999. *Principles and applications of soil microbiology*.
- Tyler, G. 1991. *The use of bryophytes in mercury deposition assessment (manuskript)*.
- Viberg, Ulf. 1997. *Jordarternas tekniska egenskaper*. Ur: Skogsstyrelsen Marken i skogslandskapet, sid 63-80. Skogsstyrelsens förlag.
- Wästerlund, I. 1992. *Extent and causes of site damage due to forestry traffic*. Scandinavian Journal of Forest Research nr 7.

BILAGA 1: DEFINITIONER SKOG & VATTEN

<i>Avdelning</i>	Består av en delsträcka av vattendraget och dess kantzoner. En avdelning avgränsas bland annat med hänsyn till storlek, avrinningsområde, ägoslag, ålder, trädslagsblandning, markfuktighet och praktisk genomförande.
<i>Beståndsålder</i>	Åldersbestämning av den produktiva skogsmarken
Kalmark 0-20 år	Avverkad, ej planterad mark utan fröträd. Ungskog, kalmark med fröträd ingår även de i denna klass.
<i>Död ved</i>	Bedöms inom delzonerna 0-5 m och 5-10 m. Endast död ved grövre än 10 cm i brösthöjd räknas i bedömningen. Ett dött träd ska inte ha ett enda grönt barr kvar.
Ingen	Betyder att inte ett dött träd har setts i området.
Enstaka	Ett eller ett fåtal döda träd finns, mycket glest inom området.
Måttligt	Vanligt inslag i delzonen, 3-9 stammar kan ses från samma punkt.
Rikligt	Döda träd finns rikligt och oftast kan 10 stammar eller fler ses från samma punkt.
<i>Markfuktighetsklasser</i>	
Torr	Grundvattennivån djupare än 2 meter från markytan
Frisk	Grundvattennivån på ett djup av 1-2 meter under markytan
Fuktig	Grundvattenytan närmare markytan än 1 meter
Blöt	Grundvattnet bildar vattensamlingar i markytan
Rang	Rang är ett sätt att beskriva var i vattensystemet som bäcken finns. Rang 1 innebär att bäcken återfinns längst upp i vattensystemet, d.v.s det är ett källflöde.
<i>Skiktning</i>	Anger om trädens kronor återfinns i samma höjd eller ej. Ett enskiktat bestånd innebär oftast ett likåldrigt bestånd. Ett flerskiktat är istället olikåldrigt med variation på trädens höjd.
<i>Trädslagsblandning</i>	Anges för tall, gran och löv i tiondelar. Där till exempel 3 motsvarar ca 25-35 procent. Det är virkesvolymen som anges.
<i>Ägoslag</i>	
Produktiv skogsmark	Skogsmark som producerar mer än en skogskubikmeter per hektar och år.
Myr	Kärr och mosse. Producerar mindre än en skogskubikmeter per hektar och år.

BILAGA 2: FÄLTBLANKETT FÖR SKOG & VATTEN



Fältblankett sidan 1/2									
Identitet		Datum	Delprojekt	Grupp	Protokollförare				
Ek. karth.	Län	Kommun	Socken	Avr.omr.	Avdelning	Fastighet			
Avdelningsuppgifter									
Längd		meter	Längdmätning:	Vänster sida <input type="checkbox"/>	Höger sida <input type="checkbox"/>	Helt kulverterat/försvunnet vattendrag: <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej			
Kartta <input type="checkbox"/>									
Kantzoner									
Avstånd i meter	60	10	5	0	0	5	10	60	
Mark & Fältskikt	Omgivning	Vänster				Höger			
	Ägoslåg	Närområde		Strandnära		Närområde		Omgivning	
	Historik								
	Markfuktighetsklass								
	Vegetationsklass								
Markvatten									
Träd & Buskskikt									
Beståndsalder									
Trädslagsblandning	T . g	T . g	T . g	T . g	T . g	T . g	T . g	T . g	
Lövträdsmängd	B . K . A . .	B . K . A . .	B . K . A . .	B . K . A . .	B . K . A . .	B . K . A . .	B . K . A . .	B . K . A . .	
Skiktning									
Buskskikt									
Biologiska kvalitéer									
Död ved, stående									
" , liggande									
Grova lövträd									
Grova barrträd									
Källa									
Mänsklig påverkan									
Gallning/Vedtäkt/Röjning									
Avfall/Skrot									
Traktorspår i området									
Traktorspår i / till vattendraget	Båda sidor	ålder	djup	lutning	vänster		höger		
					erosion	lutning	Alder	Maxdjup i cm	
							Lutning	0=Plant, 1=Svag, 2=Måttlig, 3=Stark	
							Erosion	0=Saknas, 1=Ringa, 2=Måttlig, 3=Stark	

Skog & Vatten 97			Fältblankett sidan 2/2					
Vattendraget		sett motströms			Ja	Nej		
Karaktär	Dike/Kanal	<input type="checkbox"/>	Nyligen rensat (<5 år)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Rak bäck / å	<input type="checkbox"/>	Tecken på erosion		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Slingrande bäck / å	<input type="checkbox"/>						
	Meandrande bäck / å	<input type="checkbox"/>						
	Älv	<input type="checkbox"/>	Rang					
Vattenförhållanden								
Vattenförande vid inventeringstillfället			Helt <input type="checkbox"/>	Delvis <input type="checkbox"/>	Inte alls <input type="checkbox"/>			
Vattennivå			Låg <input type="checkbox"/>	Medel <input type="checkbox"/>	Hög <input type="checkbox"/>			
Vattendragsbredd								
Våt yta		decimeter	Medelbredd längs avdelningens sista 10 meter uppströms.					
Normal fåra		decimeter	Vattendrag över 3 m avrundas till närmaste halvmeter.					
Vattenhastighet								
Dominerande vattenhastighet i ytan anges för varje kvartär i avdelningen (sett motströms)								
	1:a	2:a	3:e	4:e	0=Stilla, 1=Lugnt, 2=Ström, 3=Fors			
	Längd forsande och strömmande vatten			Finns vattenfall		Ja	Nej	
		meter				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Antal Tillflöden								
		fr. Vänster	fr. Höger	Tecken på erosion				
	Skogsbäck			<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej				
	Nytt dike			< 5 år	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej			
	Gammalt dike			> 5 år	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej			
	Täckdike			<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej				
	Avlopp			<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej				
Bottenmaterial								
	Block	Sten	Grus	Sand	Mo-Ler	Organiskt		
Bottenvegetation								
	Veg. Fri botten	Alger	Mossa	Underv.v.	Flytväxter	Överv.v.		
Beskuggning								
		Täckning av botten resp. yta 0= Saknas, 1= 0-5 % , 2= 5-50 % , 3= >50 %						
Död ved								
		st	Antal stammar grövre än 10 cm i eller över vattnet					
Mänsklig påverkan								
	Antal	Diameter	Höjd	V. nivå ut	V. nivå in	Hindrande?		
Trumma						cm	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej	
Ris			meter, totallängd					
Damm							<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej	
Annat		Text					<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej	
Signalarter								
	Ja	Nej	Bäver					
			Hydda	<input type="checkbox"/> Nej	<input type="checkbox"/> Ja			
Strutbräken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Färskt gnag	<input type="checkbox"/> Inget	<input type="checkbox"/> Enstaka	<input type="checkbox"/> Måttligt	<input type="checkbox"/> Rikligt	
Missne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Äldre gnag	<input type="checkbox"/> Inget	<input type="checkbox"/> Enstaka	<input type="checkbox"/> Måttligt	<input type="checkbox"/> Rikligt	
Gullpudra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Damm	<input type="checkbox"/> Nej	<input type="checkbox"/> Ja			
Hassel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Utter	<input type="checkbox"/> Inget	<input type="checkbox"/> Spår	<input type="checkbox"/> Spillning	<input type="checkbox"/> Utter	
Övrigt								
						Fri kod:		

**EXAMENSARBETEN UTFÖRDA OCH PUBLICERADE VID
INSTITUTIONEN FÖR SKOGLIG MARKLÄRA, SLU FR O M ÅR 2001**

1. Gustafsson, Maria. 2001. Carbon loss after forest drainage of three peatlands in southern Sweden.
2. Isberg, Susanna. 2002. Elementkoncentrationer i gran utmed en markfuktighetsgradient.
3. Munter, Fredrik. 2002. Kloridhalter i gran utmed en depositionsgradient för havssalter.
4. Poggio, Laura. 2002. Epiphytic algae on Norway spruce needles in Sweden – geographical distribution, time-trends and influence of site factors.
5. Zander, Niclas. 2002. Beskogad åkermark – Förändringar av mark-pH efter plantering.
6. Bergkvist, Åsa. 2002. Små skogliga vattendrag i Värmland – Generell beskrivning, förekomst av traktorspår samt spårens inverkan på bottenfauna.
7. Gille, Emma. 2002. Den bäcknära zonen vid små skogliga vattendrag i Värmland – Generell beskrivning, förekomst av traktorspår samt kvicksilverhalter i körpåverkat ytvatten.

I denna serie publiceras examensarbeten utförda vid institutionen för skoglig marklära, SLU. Tidigare nummer i serien kan i mån av tillgång beställas från institutionen. De kan också laddas ner från institutionens hemsida: www.sml.slu.se

Institutionen för skoglig marklära
SLU
Box 7001
750 07 Uppsala
Tel. 018-672212

ISSN 1650-7223
ISBN 91-576-6284-3

Institutionen för skoglig marklära
SLU
Box 7001
750 07 Uppsala
